



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۴۰۴ شهریور ۲۷ تا ۲۵



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



کاربرد هوش مصنوعی در حفاظت از خاک

زهرا گرامی^{*۱}

۱- پژوهشگر، دکتری، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

* نویسنده مسئول مقاله (z.gerami530@gmail.com)

چکیده

خاک، به‌عنوان پایه کشاورزی و اکوسیستم‌ها، با چالش‌هایی مانند فرسایش، آلودگی و کاهش حاصلخیزی مواجه است که امنیت غذایی جهانی را تهدید می‌کند. هوش مصنوعی (AI) با بهره‌گیری از ابزارهایی مانند یادگیری ماشین (ML) و یادگیری عمیق (DL)، رویکردی نوین در حفاظت از خاک ارائه داده است. این مطالعه مروری سیستماتیک بر اساس ۱۳ مقاله معتبر (۲۰۲۳-۲۰۲۵) انجام شده و کاربردهای AI در حفاظت از خاک را بررسی می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که AI دقت پیش‌بینی فرسایش خاک را تا ۹۵ درصد افزایش داده و هزینه‌های روش‌های سنتی را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. به‌ویژه، AI در تحلیل فرسایش بادی و گرد و غبار، شناسایی مناطق پرخطر با استفاده از داده‌های سنجش از دور، کمی‌سازی خسارات اقتصادی فرسایش خاک، و تشخیص تغییرات کاربری اراضی با دقت بیش از ۹۰ درصد، نقش کلیدی ایفا می‌کند و به کاهش بیابان‌زایی و پایداری اکوسیستم‌ها کمک می‌نماید. کاربردهای AI شامل پیش‌بینی سلامت خاک، بهینه‌سازی کوددهی و آبیاری، و تحلیل داده‌های مکانی است که کشاورزی دقیق را تقویت کرده و پایداری محیطی را بهبود می‌بخشد. با این حال، چالش‌هایی مانند کمبود داده‌های محلی و پیچیدگی مدل‌ها همچنان وجود دارد. پیشنهاد می‌شود که سرمایه‌گذاری در توسعه پایگاه‌های داده محلی و آموزش کشاورزان برای استفاده از AI در اولویت قرار گیرد. چشم‌انداز آینده شامل ادغام AI با اینترنت اشیا و توسعه مدل‌های محلی برای مناطق خشک، به‌ویژه ایران، است که می‌تواند به تحقق اهداف توسعه پایدار کمک کند.

کلمات کلیدی: خسارات اقتصادی فرسایش خاک، سلامت خاک، فرسایش خاک، کشاورزی پایدار، یادگیری ماشین

مقدمه

خاک یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی تجدید ناپذیر است که نقشی کلیدی در تولید غذا، حفظ تنوع زیستی و برقراری تعادل اکوسیستم‌ها دارد. خاک علاوه بر تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاهان و تولید محصولات کشاورزی، در ذخیره‌سازی کربن، تصفیه آب و محیطی مناسب برای فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید، نیز نقش مؤثری دارد (Awais et al., 2023). اهمیت خاک در کشاورزی پایدار تا حدی است که سازمان ملل هشدار داده تا سال ۲۰۵۰ ممکن است بیش از ۹۰ درصد خاک‌های جهان در معرض تخریب قرار گیرند. پدیده‌ای که امنیت غذایی بیش از نه میلیارد نفر را تهدید خواهد کرد. عواملی همچون فرسایش، آلودگی‌های شیمیایی از جمله تجمع فلزات سنگین، کاهش حاصلخیزی و تغییرات اقلیمی باعث از دست رفتن میلیاردها تن خاک در هر سال می‌شوند. این روند نه تنها تولید کشاورزی را کاهش می‌دهد، بلکه پیامدهایی چون بیابان‌زایی و افت شدید تنوع زیستی را نیز در پی دارد (Jain & Sethia, 2023; Zhang et al., 2024). از این رو، حفاظت از خاک به معنای حفظ ساختمان، بافت و ذخیره مواد غذایی آن است تا نسل‌های آینده نیز بتوانند از این سرمایه استفاده کنند. در غیر این صورت، خاک‌هایی که تحت تأثیر تخریب هستند، می‌توانند حتی به زیرساخت‌هایی نظیر جاده‌ها و ساختمان‌ها آسیب زده و هزینه‌های



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



اقتصادی سنگینی ایجاد کنند (Teodosio et al., 2025). بنابراین، حفاظت خاک علاوه بر یک ضرورت زیست‌محیطی، راهبردی اقتصادی برای کاهش خسارات طبیعی و افزایش پایداری کشاورزی محسوب می‌شود.

روش‌های حفاظت از خاک بسته به شرایط جغرافیایی، نوع خاک و مشکلات خاص هر منطقه متفاوت‌اند و به طور کلی می‌توان آن‌ها را در دو دسته سنتی و مدرن جای داد. در میان روش‌های سنتی می‌توان به کاشت گیاهان پوششی و درختان (برای کاهش فرسایش بادی و آبی)، تراس‌بندی در زمین‌های شیب‌دار و تناوب زراعی اشاره کرد. این شیوه‌ها به نسبت ساده و کم‌هزینه‌اند، اما نیازمند صرف زمان و نیروی انسانی هستند (Lu et al., 2024). در مقابل، روش‌های مدرن که بیشتر بر فناوری تکیه دارند شامل کشاورزی دقیق (به‌کارگیری GPS و سنسورها برای مدیریت آب و کود، استفاده از میکروآرگانیزم‌ها جهت بهبود ساختمان خاک و مدیریت یکپارچه منابع مورد نیاز برای کشاورزی (ترکیب داده‌های هواشناسی و بررسی ویژگی‌های خاک برای پیش‌بینی فرسایش) می‌شوند. به عنوان مثال، در مناطق خشک، آبیاری قطره‌ای و مالچ‌پاشی از مهم‌ترین روش‌ها برای حفظ رطوبت و کاهش شوری خاک هستند (Yalunina et al., 2024). این روش‌ها امکان اجرای برنامه‌های حفاظتی متناسب با هر منطقه را فراهم می‌کنند، اما نقطه ضعف اصلی آن‌ها نیاز به داده‌های دقیق و پیش‌مستمر است. چیزی که تنها با روش‌های سنتی به راحتی قابل دستیابی نیست (Wadoux, 2025).

در سال‌های اخیر، ورود فناوری‌های نوین به‌ویژه هوش مصنوعی^۱ (AI) مسیر تازه‌ای را در حفاظت از خاک ایجاد کرده است. هوش مصنوعی با پردازش داده‌های حجیم از منابعی همچون تصاویر ماهواره‌ای، سنسورهای اینترنت اشیا و داده‌های شیمیایی، قادر است ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را با سرعت و دقت بالایی تحلیل کند (Awais et al., 2023; Anonymous, 2024).

برای نمونه، الگوریتم‌های یادگیری ماشین (ML) نظیر شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) و جنگل‌های تصادفی (RF) توانسته‌اند پیش‌بینی فرسایش خاک را با دقتی بیش از ۹۵ درصد انجام دهند. دستاوردی که زمان و هزینه‌های روش‌های سنتی را به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد (Chatrabhuj et al., 2025). علاوه بر این، AI در بررسی فرسایش بادی و گرد و غبار نقش تحلیلی کلیدی ایفا می‌کند؛ مدل‌های یادگیری عمیق مانند شبکه‌های عصبی کانولوشنال (CNN) و ماشین‌های بردار پشتیبان (SVM) با ادغام داده‌های ماهواره‌ای Sentinel-2 و پارامترهای RUSLE، نقشه‌های حساسیت به فرسایش بادی را با دقت بالا تولید می‌کنند، که این امر در شناسایی مناطق پرخطر مانند دشت‌های خشک و پیش‌بینی طوفان‌های گرد و غبار مفید است و به کاهش اثرات زیست‌محیطی کمک می‌کند (Biazar et al., 2025). این رویکرد تحلیلی نه تنها سرعت پایش را افزایش می‌دهد، بلکه با تحلیل الگوهای باد و پوشش گیاهی، استراتژی‌های حفاظتی هدفمند را پیشنهاد می‌دهد. همچنین، AI در تعیین خسارت اقتصادی فرسایش خاک ابزار قدرتمندی است؛ با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی‌کننده و تحلیل هزینه-فایده، می‌توان خسارات ناشی از دست رفتن خاک حاصلخیز، کاهش بازده کشاورزی (تا ۵۰ درصد در برخی مناطق) و آسیب به زیرساخت‌ها را کمی‌سازی کرد، که این تحلیل‌ها سیاست‌گذاران را برای سرمایه‌گذاری در اقدامات حفاظتی مانند پوشش گیاهی هدایت می‌کند و از زیان‌های اقتصادی بلندمدت جلوگیری می‌نماید (Wadoux, 2025). این جنبه تحلیلی AI، حفاظت خاک را از یک رویکرد زیست‌محیطی به یک استراتژی اقتصادی پایدار تبدیل می‌کند. علاوه بر آن، در حوزه تغییر کاربری اراضی، AI با بهره‌گیری از الگوریتم‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای Landsat و تکنیک‌های یادگیری ماشین، تغییرات کاربری را با دقت بیش از ۹۰ درصد تشخیص داده و تأثیر آن‌ها بر فرسایش خاک و بیابان‌زایی را تحلیل می‌کند، که این امر به مدیران اجازه می‌دهد تا سیاست‌های کاربری پایدار را تدوین کنند و از تبدیل اراضی کشاورزی به شهری جلوگیری نمایند (Chaves et al., 2025). این تحلیل‌ها نشان

¹ Artificial Intelligence



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



می‌دهند که تغییرات کاربری بدون کنترل می‌تواند فرسایش را تا دو برابر افزایش دهد، بنابراین AI به عنوان ابزاری تحلیلی برای پیش‌بینی و کاهش اثرات منفی عمل می‌کند. افزون بر این، ترکیب داده‌های بلادرنگ^۲ با مدل‌های هوش مصنوعی امکان تصمیم‌گیری‌های هوشمندانه‌ای مانند ارائه توصیه‌های دقیق برای کوددهی یا آبیاری را فراهم کرده است. این قابلیت‌ها نه تنها به کاهش آلودگی و حفظ منابع کمک می‌کنند، بلکه به کشاورزان اجازه می‌دهند با بهره‌گیری از داده‌های مکانی نقشه‌های سلامت خاک را ترسیم کرده و محدودیت کمبود داده‌های محلی را با مدل‌های پیش‌بینی‌کننده جبران کنند (Lu et al., 2024; Zhang et al., 2024).

با توجه به نبود اطلاعات کافی در زمینه کاربرد هوش مصنوعی در تحقیقات حفاظت خاک، در این مقاله به بررسی ابعاد مختلف به‌کارگیری هوش مصنوعی در حفاظت خاک پرداخته شده است. تمرکز اصلی بر کاربردهایی همچون پیش‌بینی سلامت خاک، پیش‌بینی فرسایش و بهینه‌سازی کشاورزی پایدار بوده که بر اساس مرور سیستماتیک مطالعات اخیر (۲۰۲۳-۲۰۲۵) جمع‌بندی شده‌اند.

مواد و روش‌ها

این مقاله یک مطالعه مروری سیستماتیک است. با جستجوی "Applications of AI in Soil Conservation" در پایگاه‌های استنادی، ۱۳ مقاله از سال ۲۰۲۳ به بعد بررسی شد و گردآوری محتوای این مقاله با این مقالات صورت گرفت. از این تعداد، ۷ مقاله مروری هستند که به بررسی سیستماتیک در زمینه AI و حفاظت از خاک پرداخته‌اند.

نتایج و بحث

هوش مصنوعی (AI) به معنای شبیه‌سازی هوش انسانی توسط ماشین‌ها است که شامل فرایندهایی مانند یادگیری (کسب اطلاعات و قوانین)، استدلال (استفاده از قوانین برای دستیابی به نتایج تقریبی یا دقیق)، و خوداصلاحی (از طریق یادگیری تقویتی یا روش‌های آماری) می‌شود (Awais et al., 2023). هوش مصنوعی شامل زیرشاخه‌هایی مانند یادگیری ماشین (ML)، یادگیری عمیق (DL) و پردازش تصویر است که امکان تحلیل داده‌های پیچیده را فراهم می‌کند. در مطالعات خاک، AI کاربردهای گسترده‌ای دارد و به عنوان ابزاری نوین برای پردازش داده‌های بزرگ^۳ مانند تصاویر ماهواره‌ای، و اطلاعات هواشناسی عمل می‌کند. این فناوری دقت تحلیل خاک را افزایش می‌دهد و چالش‌هایی مانند فرسایش، کاهش حاصلخیزی و آلودگی را حل می‌کند (Jain & Sethia, 2023; Zhang et al., 2024). به‌طور مثال، AI می‌تواند مقدار آب در خاک، بافت و ظرفیت تبادل کاتیونی را با دقت بالا پیش‌بینی کند که این امر زمان و هزینه‌های روش‌های سنتی را کاهش می‌دهد (Lu et al., 2024). در زمینه حفاظت از خاک، AI کاربردهای ویژه‌ای دارد و به عنوان یک پدیده نوظهور، تحول بزرگی ایجاد کرده است. حفاظت از خاک شامل جلوگیری از فرسایش، حفظ مواد غذایی و کاهش آلودگی است و AI با پردازش داده‌های بزرگ، دقت بررسی این فرایندها را افزایش می‌دهد. برای مثال، مدل‌های DL می‌توانند فرسایش خاک را تا ۹۵ درصد پیش‌بینی کنند و عوامل کلیدی مانند رطوبت و کربن آلی را شناسایی نمایند (Chatrabhuj et al., 2025; Anonymous, 2024). در تحلیل فرسایش بادی و گرد و غبار، AI با ادغام داده‌های سنجنش از دور مانند تصاویر ماهواره‌ای MODIS و Landsat، همراه با مدل‌های ML مانند جنگل‌های تصادفی (RF) و شبکه‌های عصبی، قادر است الگوهای باد، پوشش گیاهی و حساسیت خاک به فرسایش را مدل‌سازی کند؛ این

² real-time

³ Big Data



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



رویکرد تحلیلی نه تنها دقت پیش‌بینی طوفان‌های گرد و غبار را تا ۹۰ درصد افزایش می‌دهد، بلکه با شناسایی مناطق پرخطر، امکان اجرای استراتژی‌های حفاظتی مانند کاشت پوشش گیاهی هدفمند را فراهم می‌کند، که در نهایت به کاهش اثرات زیست‌محیطی و اقتصادی در مناطق خشک کمک شایانی می‌نماید (Biazar et al., 2025; Rosca and Stancu, 2025). این تحلیل نشان می‌دهد که AI می‌تواند چالش‌های سنتی مانند کمبود داده‌های میدانی را با داده‌های بلادرنگ^۴ جبران کند، اما نیاز به داده‌های محلی دقیق برای جلوگیری از بیش‌برازش مدل‌ها وجود دارد. کاربرد AI در حفاظت از خاک شامل نظارت بر سلامت خاک مانند پروژه AI4SoilHealth برای ارزیابی بدون آزمایشگاه، پیش‌بینی تغییرات ناشی از تغییرات اقلیمی و مدیریت پایدار منابع (مانند بهینه‌سازی آبیاری برای کاهش شوری خاک) است (Wadoux, 2025; Anonymous, 2024).

در تعیین خسارت اقتصادی فرسایش خاک، AI از مدل‌های پیش‌بینی‌کننده و تحلیل هزینه-فایده بهره می‌برد تا خسارات ناشی از کاهش حاصلخیزی (تا ۴۰ درصد کاهش بازده در برخی موارد)، آسیب به زیرساخت‌ها و هزینه‌های بازسازی را کمی‌سازی کند؛ برای نمونه، با استفاده از الگوریتم‌های DL و داده‌های GIS، می‌توان هزینه‌های سالانه فرسایش را در مقیاس جهانی تخمین زد و سیاست‌های اقتصادی مانند سرمایه‌گذاری در فناوری‌های حفاظتی را توجیه کرد، که این امر حفاظت خاک را به یک سرمایه‌گذاری سودآور تبدیل می‌کند (Wadoux, 2025; Li et al., 2025). تحلیل تحلیلی این کاربردها حاکی از آن است که AI نه تنها دقت ارزیابی را افزایش می‌دهد، بلکه با شبیه‌سازی سناریوهای آینده، سیاست‌گذاران را در برابر ریسک‌های اقتصادی مقاوم می‌سازد، هرچند چالش‌هایی مانند عدم دسترسی به داده‌های اقتصادی محلی می‌تواند دقت مدل‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. علاوه بر این، در حوزه تغییر کاربری اراضی، AI با تکنیک‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و مدل‌های ML مانند SVM و CNN، تغییرات از کشاورزی به شهری را با دقت بیش از ۹۵ درصد تشخیص می‌دهد و تأثیر آن بر افزایش فرسایش (تا سه برابر در مناطق تغییر یافته) را تحلیل می‌کند؛ این تحلیل تحلیلی به مدیران کمک می‌کند تا سیاست‌های پایدار کاربری اراضی را تدوین کنند و از بیابان‌زایی جلوگیری نمایند، که در نهایت به حفظ اکوسیستم‌های خاکی منجر می‌شود (Chaves et al., 2025; Zhang et al., 2024). تغییرات کاربری را نه تنها از منظر زیست‌محیطی، بلکه اقتصادی نیز ارزیابی کند.

AI کمک‌های قابل توجهی به حفاظت از خاک می‌کند: اول، افزایش دقت و سرعت تحلیل، که هزینه‌های سنتی را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. دوم، پیش‌بینی دقیق فرسایش و آلودگی (مانند فلزات سنگین) برای اقدامات پیشگیرانه را انجام می‌دهد. سوم، تسهیل کشاورزی هوشمند با پیشنهادهای دقیق برای کود و آب که آلودگی محیطی را کم می‌کند و چهارم، از تنوع زیستی با تحلیل اکوسیستم‌های خاکی حمایت می‌کند (Zhang et al., 2024; Lu et al., 2024). تحلیل کلی این کمک‌ها بیانگر آن است که AI می‌تواند شکاف بین روش‌های سنتی و مدرن را پر کند، اما موفقیت آن وابسته به غلبه بر چالش‌هایی مانند کمبود داده‌های باکیفیت و نیاز به آموزش کاربران است، که در نهایت به دستیابی به اهداف توسعه پایدار کمک می‌کند (Rosca and Stancu, 2025).

چشم‌انداز کاربرد AI در حفاظت از خاک تقریباً روشن است و شامل ادغام با فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیا، رباتیک و سنسج از دور می‌شود. در آینده، AI می‌تواند مدل‌های محلی برای مناطق خشک (به‌ویژه ایران) توسعه دهد، پایگاه‌هایی از داده‌های جهانی حفاظت خاک را ایجاد کند. با پیشرفت DL و الگوریتم‌های هیبریدی AI، کشاورزی را به سمت پایداری بیشتر سوق می‌دهد، اما نیاز به همکاری میان‌رشته‌ای و سرمایه‌گذاری در داده‌های باکیفیت ضروری است (Wadoux, 2025; Anonymous, 2024). از منظر تحلیلی، این چشم‌انداز نشان‌دهنده پتانسیل AI در تحول حفاظت خاک است، اما باید بر

⁴ real-time



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



چالش‌های اخلاقی مانند حفظ حریم خصوصی داده‌ها و عدالت دسترسی تمرکز کرد تا کاربردهای آن فراگیر و پایدار باشد (Li et al., 2025).

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این مطالعه، هوش مصنوعی (AI) به‌عنوان یک فناوری تحول‌آفرین، نقش بی‌بدیلی در حفاظت از خاک و ارتقای کشاورزی پایدار ایفا می‌کند. خاک، به‌عنوان پایه‌ای برای تولید غذا، حفظ تنوع زیستی و تعادل اکوسیستم‌ها، با تهدیداتی نظیر فرسایش، آلودگی و کاهش حاصلخیزی مواجه است که امنیت غذایی جهانی را به خطر می‌اندازد. با بهره‌گیری از ابزارهایی مانند یادگیری ماشین (ML) و یادگیری عمیق (DL)، توانایی تحلیل داده‌های بزرگ از منابع متنوع مانند تصاویر ماهواره‌ای، حسگرهای اینترنت اشیا و داده‌های شیمیایی خاک را داراست و دقت پیش‌بینی فرسایش خاک را تا ۹۵ درصد افزایش داده و هزینه‌های روش‌های سنتی را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. به‌طور خاص، AI در تحلیل فرسایش بادی و گرد و غبار با استفاده از مدل‌های پیشرفته مانند شبکه‌های عصبی کانولوشنال (CNN) و داده‌های سنجش از دور، مناطق پرخطر را شناسایی کرده و استراتژی‌های حفاظتی هدفمند مانند کاشت پوشش گیاهی را پیشنهاد می‌دهد. همچنین، با کمی‌سازی خسارات اقتصادی فرسایش خاک، مانند کاهش بازده کشاورزی تا ۴۰ درصد و آسیب به زیرساخت‌ها، سیاست‌گذاری برای سرمایه‌گذاری در فناوری‌های حفاظتی را تسهیل می‌کند. علاوه بر این، AI با تشخیص تغییرات کاربری اراضی با دقت بیش از ۹۰ درصد، به تدوین سیاست‌های پایدار برای جلوگیری از بیابان‌زایی و حفظ اکوسیستم‌های خاکی کمک می‌کند. با وجود این پیشرفت‌ها، چالش‌هایی مانند کمبود داده‌های محلی باکیفیت، پیچیدگی مدل‌های AI و نیاز به آموزش کاربران همچنان مانع بهره‌برداری کامل از این فناوری هستند. تحلیل جامع نشان می‌دهد که موفقیت AI در حفاظت از خاک به همکاری میان‌رشته‌ای، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های داده‌ای و توجه به مسائل اخلاقی مانند عدالت دسترسی و حفظ حریم خصوصی داده‌ها وابسته است. چشم‌انداز آینده AI در این حوزه شامل ادغام با فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیا، رباتیک و سنجش از دور، و توسعه مدل‌های محلی برای مناطق خشک، به‌ویژه ایران، است که می‌تواند پایداری محیطی و اقتصادی را به‌طور قابل توجهی بهبود بخشد. برای تحقق این پتانسیل، پیشنهاد می‌شود که سیاست‌گذاری‌های ملی بر آموزش کشاورزان، توسعه پایگاه‌های داده محلی و ترویج استفاده از AI در کشاورزی متمرکز شوند تا این فناوری به ابزاری فراگیر و مؤثر در راستای دستیابی به اهداف توسعه پایدار تبدیل شود.

فهرست منابع

- [Anonymous]. (2024). AI for soil conservation and preservation: Cultivating a sustainable future. HGW Consult. <https://hgwconsult.com.au/ai-for-soil-conservation-and-preservation-cultivating-a-sustainable-future/>
- [Anonymous]. (2024). Soil health management using artificial intelligence for smart agriculture systems. Preprints.org, Preprint.
- Awais, M., Naqvi, S. M. Z. A., Zhang, H., Li, L., Zhang, W., Awwad, F. A., Ismail, E. A. A., Khan, M. I., Raghavan, V. (2023). AI and machine learning for soil analysis: An assessment of sustainable agricultural practices. *Bioresources and Bioprocessing*, 10, 90.
- Biazar, S. M., Golmohammadi, G., Neshunuri, R. R., Shaghghi, S., Mohammadi, K. (2025). Artificial Intelligence in Hydrology: Advancements in Soil, Water Resource Management, and Sustainable Development. *Sustainability*, 17(5), 2250. <https://doi.org/10.3390/su17052250>
- Chatrabhuj, Meshram, K., Mishra, U., Rathnayake, U. (2025). Application of artificial intelligence in agri-tech, environmental and biodiversity conservation. *Array*, In press.



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۴۰۴ شهریور ۲۷ تا ۲۵



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



- Chaves, J. V. B., Rosas, C. L. G., Ferraz, C. P. A., Aiello, L. H. F., Filho, A. P., Mota, L. T. M., Longo, R. M., & Ribeiro, A. Í. (2025). Soil conservation and information technologies: A literature review. *Smart Agricultural Technology*, 11, 100935. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.100935>
- Jain, S., Sethia, D. (2023). A review on applications of artificial intelligence for identifying soil nutrients. In M. K. Saini et al. (Eds.), ICA 2023, CCIS 1866 (pp. 71–86). Springer.
- Lu, K., Yan, W., Tan, H. (2024). Applications and recent advances in artificial intelligence for soil data analysis. *Advances in Resources Research*, 4(4), 668–680.
- Rosca, C., Stancu, A. (2025). Emerging Trends in AI-Based Soil Contamination Monitoring and Prevention. *Agriculture*, 15(12), 1280. <https://www.mdpi.com/2077-0472/15/12/1280>
- Teodosio, B., Wasantha, P. L. P., Yaghoubi, E., Guerrieri, M., van Staden, R., & Fragomeni, S. (2025). Application of artificial intelligence in reactive soil research: A scientometric analysis. *Geotechnical and Geological Engineering*, 43(4), 145. <https://doi.org/10.1007/s10706-025-03097-z>
- Wadoux, A. (2025). Artificial intelligence in soil science. *European Journal of Soil Science*. <https://doi.org/10.1111/ejss.70080>
- Yalunina, E. N., Skvortsov, E. A., Gusev, A. S. (2024). Analysis of directions for application of artificial intelligence systems in soil condition analysis. *BIO Web of Conferences*, 108, 21003.
- Zhang, X., Yang, P., Lu, B. (2024). Artificial intelligence in soil management: The new frontier of smart agriculture. *Advances in Resources Research*, 4(2), 231–251.

Application of Artificial Intelligence in Soil Conservation

Zahra Gerami

Researcher, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Abstract

Soil, as the foundation of agriculture and ecosystems, faces challenges such as erosion, pollution, and fertility decline, which threaten global food security. Artificial Intelligence (AI), utilizing tools like Machine Learning (ML) and Deep Learning (DL), offers a novel approach to soil conservation. This systematic review, based on 12 reputable articles (2023–2025), investigates AI applications in soil conservation. Findings indicate that AI



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۴۰۴ شهریور ۲۷ تا ۲۵



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



enhances soil erosion prediction accuracy by up to 95% and reduces costs of traditional methods by up to 50%. Notably, AI plays a critical role in analyzing wind erosion and dust storms, identifying high-risk areas using remote sensing data, quantifying economic losses from soil erosion, and detecting land-use changes with over 90% accuracy, thereby contributing to reducing desertification and enhancing ecosystem sustainability. AI applications include soil health monitoring, optimization of fertilization and irrigation, and spatial data analysis, which strengthen precision agriculture and improve environmental sustainability. However, challenges such as limited local data and model complexity persist. It is recommended to prioritize investment in developing local databases and training farmers to adopt AI technologies. The future outlook involves integrating AI with the Internet of Things and developing localized models for arid regions, particularly Iran, to support sustainable development goals.

Keywords: Economic losses of soil erosion, Machine learning, Soil erosion, Soil health, Sustainable agriculture